**ANALISIS KOMPOSISI, RIAP, DAN REGRESI ANTARA DIAMETER DENGAN
RIAP PADA HUTAN PENELITIAN SANGAI, KALIMANTAN TENGAH**
*(Analysis of Composition, Increment, and Regression Between Diameter and
Increment of Sangai Research Forest Station, Central Kalimantan)*

Oleh / By :

Suryanto, Ayi Suyana, dan/and Supianto

ABSTRACT

The objective of the analysis was to find out the composition, increment and regression using database collected from 1993-1996 and 2003 of the Sangai research forest station. Database analyses were carried out a through validation method using normal distribution equation. This research showed that within 15 center plots there were 63 families consisting of 407 tree species and 8,768 trees. In terms of class of diameter, non-dipterocarpaceae species tended to be dominant in small class of diameter and decreased to medium ranging from 10 cm up to 60 cm. The dipterocarpaceae are more dominant at medium to large class of diameter and thus it made total of basal area and volumes of that species was very high. The mean increment of dipterocarpaceae species is higher than that of non-dipterocarpaceae all class of diameter which increment started at 0.33 cm/year before the trees reach diameter of 20 cm, then increased up to 0.56 cm/year at 40-50 cm class of diameter, but then decreased again to 0.35 cm/year at above diameter of 100 cm. While non-dipterocarpaceae, increment started at 0.22 cm/year at below diameter of 20 cm, then increased up to 0.30 cm/year at 40-50 cm class of diameter, but then decreased again to 0.26 cm/year at above 100 cm class of diameter. The regression analyses showed that there was no significant regression relationship between increment and its diameter at four tested equations : i.e. linear, quadratic, cubic and logarithmic, as shown by small determination coefficient (R^2) values, which stand between 0.05-0.20. This means that only as big as 5 %-20 % of increment variables can be explained by diameter variables through that equation. Based on above three analyses, it can be concluded that a forest function was formed by three complex dynamic systems. They were: 1) mineral and light, 2) increment ability, and 3) regeneration ability. Those three systems work in a perfect competition mechanism. However, those competition mechanisms become the principle of balance in low land tropical rain forest dynamic.

Key words : Dipterocarpaceae, non-dipterocarpaceae, class of diameter, composition, increment, regression, forest dynamic

ABSTRAK

Sasaran penelitian ini adalah untuk mengetahui komposisi, riap, dan hubungan regresi antara riap dan diameter. Data yang dianalisis adalah data dasar stasiun penelitian hutan Sangai, tahun pengukuran 1993-1996 dan 2003. Analisis data menggunakan metode validasi melalui rumus-rumus persamaan distribusi normal. Penelitian ini memberikan hasil bahwa pada 15 petak inti terdapat 63 famili, meliputi 407 jenis dari 8.768 individu pohon. Berdasarkan kelas diameternya, kecenderungan dominasi kelompok jenis non-dipterocarpaceae terdapat pada pohon-pohon ber diameter kecil (10 cm) dan terus menurun hingga diameter medium (60 cm). Berikutnya, kelompok jenis dipterocarpaceae lebih mendominasi pada kelas diameter besar (60 cm ke atas). Kecenderungan dominasi kelompok jenis dipterocarpaceae pada kelas diameter besar ini mengakibatkan dominasinya pada kriteria volume dan basal area. Kelompok jenis dipterocarpaceae memiliki nilai riap rata-rata yang lebih tinggi daripada kelompok jenis non dipterocarpaceae, untuk semua kelas diameter. Pada kelompok jenis dipterocarpaceae, riap dimulai pada nilai 0,33 cm/tahun pada kelas diameter di bawah 20 cm, kemudian nilai riap menunjukkan pergerakan menaik hingga tertinggi pada kelas diameter 40-50 cm, yaitu 0,56cm/tahun dan kembali menurun hingga nilai riap 0,35cm/tahun pada kelas diameter di atas 100 cm. Pada kelompok jenis non dipterocarpaceae, riap dimulai pada nilai 0,22 cm/tahun pada kelas diameter di bawah 20 cm, kemudian nilai riap menunjukkan pergerakan menaik hingga tertinggi pada kelas diameter 30-40 cm, yaitu 0,30 cm/tahun dan kembali menurun hingga nilai riap 0,26 cm/tahun pada kelas diameter di atas 100 cm. Pada analisis regresi berikutnya menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan regresi yang signifikan antara riap dengan diameternya pada empat jenis persamaan yang diuji, yaitu persamaan *linear*, kuadrat, kubik, dan logaritma. Hal tersebut ditunjukkan dari nilai koefisien determinasi yang kecil, yaitu antara 0,05-0,20, yang berarti hanya sebesar 5-20 % variabel riap dapat dijelaskan oleh variabel diameter melalui persamaan tersebut. Berdasarkan hasil tiga analisis pada penelitian ini, dapat ditarik sebuah sintesa bahwa dinamika hutan dibentuk atas kinerja tiga sistem yang kompleks, yaitu sistem hara dan cahaya, sistem riap, dan sistem regenerasi. Tiga sistem dinamika tersebut berjalan dalam mekanisme persaingan yang sempurna, namun atas dasar mekanisme persaingan tersebut tercipta kondisi pendorong dan pembatas yang membentuk keseimbangan dalam dinamika hutan hujan tersebut.

Kata kunci : Dipterocarpaceae, non-dipterocarpaceae, kelas diameter, komposisi, riap, regresi, dinamika hutan

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Hutan Penelitian (Wanariset) Sangai adalah stasiun penelitian hutan yang dibangun tahun 1992 dan merupakan hasil kerjasama antara pemerintah Inggris (UK - ODA) dengan pemerintah Indonesia melalui proyek ITFMP (*The Indonesia Tropical Forest Management Project*). Melalui proyek ini, telah dibangun sebanyak 15 petak pengamatan, dalam ± 630 ha luas keseluruhan Wanariset Sangai (Balai Penelitian Kehutanan Samarinda, 1998). Secara geografis, titik tengah Wanariset Sangai berada pada koordinat bumi $1^{\circ}17'52''$ Lintang Selatan dan $112^{\circ}22'48''$ Bujur Timur dan pada variasi ketinggian antara 20-320 meter di atas permukaan laut.

Masing-masing petak pengamatan permanen mempunyai luas sembilan ha, terdiri dari satu ha petak inti dan dikelilingi delapan ha petak luar. Petak-petak tersebut tersebar secara merata, meliputi semua tapak di wanariset. Jarak antar petak terdekat berkisar antara 50-200 meter.

Kegiatan penelitian di Wanariset Sangai sebagian besar berkaitan dengan *Tropical Forest Ecology and Resource Management*, pada vegetasi hutan primer hutan hujan dataran rendah. Salah satu kegiatan penelitian utama yang berkaitan dengan 15 petak pengamatan tersebut adalah penelitian pertumbuhan dan hasil (*growth and yield*). Kegiatan penelitian ini dilakukan secara berkala (waktu) dalam rangka pengembangan, pengukuran ulang, pemantauan, dan pemeliharaan. Semua kegiatan direkam dalam tahapan kegiatan penomoran dan pencatatan koordinat pohon, identifikasi jenis, bentuk dan posisi tajuk, pengukuran keliling dan tinggi serta perhitungan turunannya, meliputi diameter, volume, dan tipe tutupan tajuk. Kegiatan-kegiatan pengukuran dan pencatatan tersebut dilakukan terhadap semua jenis pohon yang berdiameter 10 cm ke atas, pohon *in growth* (masuk kriteria pertumbuhan) dan *out growth* (mati).

Pengukuran dan pencatatan dilakukan secara berulang tiap tahun, direkam sebagai data dasar Wanariset Sangai. Karena

kegiatan telah dimulai sejak tahun 1993 hingga 2003, sedianya terdapat paling tidak 11 seri data dasar, tapi karena data dasar kurang terkelola secara baik, hanya terdapat 5 seri sisa data dasar, yaitu data seri tahun 1993, 1994, 1995, 1996, dan 2003.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui komposisi, riap, dan hubungan regresi antara riap dengan diameter dari lima seri data dasar hasil pengukuran tahun 1993, 1994, 1995, 1996, dan 2003.

II. METODOLOGI

A. Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan adalah lima seri data dasar pertumbuhan tegakan tahun 1993, 1994, 1995, 1996, dan 2003. Analisis data menggunakan perangkat komputer melalui *software excel* (Microsoft corporation, 1993) dan *SPSS (Statistical Product and Service Solutions)* (Santosa, 2000).

B. Tahapan Pengolahan dan Analisis Data

1. Analisis sebaran dan komposisi menurut kelompok jenis dipterocarpaceae dan non dipterocarpaceae

Sebaran dan komposisi jenis dideskripsikan dalam jumlah jenis, famili, dan taxa, dilengkapi dengan analisis bentuk sebaran menurut kelas diameternya. Metode yang digunakan adalah metode deskriptif, meliputi tabulasi, pengelompokan, dan pengolahan dari data dasar seri pengukuran tahun 1993.

2. Analisis riap diameter

- a. Validasi data dasar seri pengukuran pertumbuhan diameter

- 1) Data seri riap pertumbuhan diameter tahunan

Pengolahan data riap tahunan dilakukan dengan dasar hasil pengukuran tahun berjalan dan pengukuran tahun sebelumnya, menggunakan rumus dasar :

$$R_{ti} = P_{tn} - P_{tn-s},$$

di mana :

R_{ti} = data seri riap tahunan ke-i

P_{tn} = diameter hasil pengukuran seri tahun ke-n

P_{tn-s} = diameter hasil pengukuran seri tahun ke-n-s

s = seri pengukuran selang terdekat sebelum tahun ke-n

Karena data dasar pengukuran terdiri dari beberapa kondisi, pengembangan rumus adalah sebagai berikut :

- Plot-plot 1-8, 10, 12, 13, dan 15 memiliki data seri pengukuran tahun 1993, 1994, 1995, dan 1996. Riap tahunan antara dihitung berdasarkan rumus : $R_{ti} = P_{tn} - P_{tn-1}$.
 - Plot-plot 9, 11, dan 14 memiliki data seri pengukuran tahun 1993, 1994, dan 1996. Riap tahunan antara data seri pengukuran tahun 1993-1994 dihitung berdasarkan rumus : $R_{ti} = P_{tn} - P_{tn-1}$. Riap tahunan antara data seri pengukuran tahun 1994-1996 dihitung berdasarkan rumus : $R_{ti} = (P_{tn} - P_{tn-1})/2$.
 - Plot 1, 2, dan 4-15 memiliki data seri pengukuran tahun 2003. Riap tahunan antara data seri pengukuran tahun 1996-2003 dihitung berdasarkan rumus : $R_{ti} = (P_{tn} - P_{tn-1})/7$.
- 2) Untuk semua plot, data pohon mati dan tidak memiliki data, divalidasi dengan menggunakan rumus *logical* sebagai berikut :

$$D_{mnd} = \text{IF}(P_{tn-1}=999, \text{"mati"}, \\ \text{IF}(P_{tn-1}=\text{"nd"}, \text{"nd"}, \\ \text{IF}(P_{tn}=\text{"nd"}, \text{"nd"}, R_{ti}))),$$

di mana,

D_{mnd} = data pohon mati atau tidak memiliki data 999. = kode pohon mati pada data dasar

nd = kode data seri yang tidak memiliki data Untuk selanjutnya, data tersebut di atas dipisahkan dan tidak dipakai untuk pengolahan dan analisis data lanjutan.

- Pengelompokan data dalam kelompok jenis dipterocarpaceae dan non-dipterocarpaceae serta kelas diameter di bawah 20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-60, 60-70, 70-100, dan di atas 100 pada masing-masing kelompok jenis dipterocarpaceae dan non-dipterocarpaceae tersebut.
- Saringan data tahap pertama. Saringan data tahap pertama adalah metode validasi untuk membuang data riap tahunan yang memiliki nilai ambang logis di bawah 0 cm dan nilai ambang logis di atas 10 cm, rumus *logical* :

$$R_{ti} S1 = \text{IF}(R_{ti} > 10, \text{"nonvalid"}, \\ \text{IF}(R_{ti} < 0, \text{"nonvalid"}); R_{ti}),$$

di mana $R_{ti} S1$ adalah data seri riap pertumbuhan diameter tahunan ke-i hasil saringan data tahap pertama.

- Normalitas data saringan tahap pertama. Normalitas data diukur dengan menggunakan *ratio skewness* (kemencengan) dan *ratio kurtosis* (keruncingan). Data memiliki sebaran mendekati normal apabila *ratio skewness* dan *ratio kurtosis* mendekati nilai selang antara -2 hingga 2 (Santosa, 2000).

Jika,

$$Skew = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum \left(\frac{R_{ti} S1_i - \overline{R_{ti} S1}}{stdev} \right)^3$$

$$Kurt = \left\{ \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum \left(\frac{R_{ti} S1_i - \overline{R_{ti} S1}}{stdev} \right)^4 \right\} - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$$

maka :

$$\text{Ratio skewness} = \text{skewness} / \text{standar error skewness}$$

$$\text{Ratio kurtosis} = \text{kurtosis} / \text{standar error kurtosis}$$

- Saringan data tahap kedua (digunakan apabila data menyebar tidak mendekati normal)

Jika,

$$r_{R_{ti} S1} = \text{rata-rata riap tahunan ke-i data sharing 1}$$

$$Stdev_{R_{ti} S1} = \text{standar deviasi riap tahunan ke-i data sharing 1}$$

$$L1 = r_{R_{ti} S1} + Stdev_{R_{ti} S1}$$

$$L2 = r_{R_{ti} S1} - Stdev_{R_{ti} S1}$$

Saringan data tahap kedua menggunakan rumus *logical* sebagai berikut :

$$R_{ti} S2 = \text{IF}(R_{ti} > L1, \text{"nonvalid"}, \\ \text{IF}(R_{ti} < L2, \text{"nonvalid"}); R_{ti}))$$

- Riap diameter

Riap diameter adalah rata-rata riap diameter tahunan, dihitung dengan menggunakan rumus :

$$R = \frac{\sum R_{ti} S2_i}{n}$$

- Analisis regresi antara riap dan diameter

Analisis persamaan regresi dibentuk dari kumpulan semua data diameter individu dengan riap pertumbuhan tahunnya masing-masing dari semua data seri hasil validasi.

Nilai persamaan diolah dengan menggunakan SPSS (*Statistical Product and Service Solutions*).

Dengan diameter (D) sebagai variabel tetap dan riap pertumbuhannya sebagai variabel bebas, hubungan regresi dianalisis dalam empat bentuk persamaan regresi yaitu linear, kuadrat, kubik, dan logaritma, sebagai berikut :

- a. Persamaan linear : $Ri\ddot{a}p = a \pm bD$
- b. Persamaan kuadrat : $Ri\ddot{a}p = a \pm bD \pm cD^2$
- c. Persamaan kubik : $Ri\ddot{a}p = a \pm bD \pm cD^2 \pm dD^3$
- d. Persamaan logaritma : $Ri\ddot{a}p = a \pm b\log D$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Komposisi dalam kelompok jenis

Berdasarkan data dasar seri tahun 1993, pada 15 petak inti Hutan Penelitian Sangai, terdapat sebanyak 63 famili meliputi 407 jenis dan 8.758 jumlah pohon. Jumlah famili dan jenis tersebut kemungkinan akan bertambah lebih banyak lagi, karena terdapat beberapa jenis yang hanya teridentifikasi hingga tingkat genus dan beberapa pohon belum teridentifikasi.

Famili dipterocarpaceae terdiri dari 37 jenis dan 1.494 jumlah pohon. Kelompok jenis non-dipterocarpaceae terdiri dari 7.264 pohon dari 371 jenis teridentifikasi dan satu kelompok yang belum teridentifikasi. Empat jenis dari famili dipterocarpaceae dengan jumlah pohon terbanyak adalah jenis *Shorea* sp. (257 pohon), *Hopea dryobalanoides* (185 pohon), *Shorea multiflora* (172 pohon), dan *Vatica* sp. (156 pohon). Empat famili dari kelompok jenis non-dipterocarpaceae dengan jumlah pohon terbanyak adalah Euphorbiaceae (1.393 pohon), Myrtaceae (383 pohon), Lauraceae (374 pohon), dan Verbenaceae (350 pohon). Menurut jenisnya, empat jenis dari kelompok jenis non-dipterocarpaceae dengan jumlah pohon terbanyak adalah jenis *Syzigium* sp. (380 pohon dari famili Myrtaceae), *Teijsmanniodendron sarawakanum* (241 pohon dari famili Verbenaceae), *Knema* sp. (202 pohon dari famili Myristicaceae), dan *Aporosa* sp. (185 pohon dari famili Euphorbiaceae).

Jumlah pohon pada 15 petak inti adalah 8.758 pohon atau tiap petak inti mempunyai

kisaran jumlah 479-735 pohon, dengan rata-rata 580 pohon per ha petak inti. Kerapatan tegakan yang ditandai dengan jumlah pohon per ha ini masih menyerupai kerapatan tegakan di hutan primer umumnya di Kalimantan Timur dan Kalimantan Selatan. Dari himpunan beberapa sumber, Suyana (2003) menyebutkan jumlah pohon per ha di Jaro Kalimantan Selatan adalah 400 pohon/ha, di PT ITCI Balikpapan 578 pohon/ha, di Plot STRÉK Labanan Berau 531 pohon/ha, dan di Meratus Kutai Kalimantan Timur 551 pohon/ha.

Jumlah pohon untuk kelompok jenis dipterocarpaceae pada 15 petak inti adalah 1.494 pohon (100 pohon/petak inti) dan kelompok jenis non-dipterocarpaceae 7.264 pohon (484 pohon/petak inti). Dengan demikian, berdasarkan jumlah pohonnya, kelompok jenis non-dipterocarpaceae memiliki dominansi yang besar dibandingkan dengan kelompok jenis dipterocarpaceae, yaitu 83 % berbanding 17 %.

Berdasarkan kelas diameternya, kecenderungan dominansi kelompok jenis non-dipterocarpaceae terdapat pada pohon-pohon berdiameter kecil dan terus menurun hingga diameter medium, yaitu pada selang diameter 10-60 cm. Berikutnya, kelompok jenis dipterocarpaceae lebih mendominasi pada kelas diameter besar (60 cm ke atas). Kecenderungan dominansi kelompok jenis dipterocarpaceae pada kelas diameter besar ini mengakibatkan dominasinya pada kriteria volume dan basal area. Pada Tabel 1 dan Gambar 1 disajikan komposisi dan pergerakan jumlah (N) dan volume pohon pada tiap kelas diameternya.

2. Riap diameter

- a. Validasi data seri pertumbuhan riap tahunan

Berdasarkan tahapan saringan data, diperoleh 24.012 seri data hasil validasi dari 30.950 seri data pertumbuhan, atau sebesar 77,58 % data valid. Sebaran data pada umumnya tidak normal, tapi menunjukkan pergerakan mendekati normal yang signifikan dari proses saringan data tahap pertama ke saringan data tahap kedua (Lampiran 1).

- b. Riap pertumbuhan diameter

Atas dasar tahapan pengolahan dan analisis tersebut di atas, dari 24.012 data hasil validasi diperoleh riap pertumbuhan menurut
- kelompok jenis dan kelas diameter seperti ditampilkan pada Tabel 2.

Hasil analisis menunjukkan bahwa kelompok jenis dipterocarpaceae memiliki

Tabel (Table) 1. Jumlah pohon dan volume (m³) per kelompok jenis dan kelas diameter rata-rata per ha petak inti (*Stand amount and volume (m³) per species group and class of diameter in average per ha of center plot*)

Kelas diameter (Class of diameter)	Dipterocarpaceae		Non dipterocarpaceae		Total	
	N	Volume	N	Volume	N	Volume
< 20cm	47,67	5,60	330,93	32,45	378,60	38,05
20 – 29cm	17,00	7,81	86,00	34,23	103,00	42,04
30 – 39cm	7,13	7,46	34,53	33,12	41,67	40,58
40 – 49cm	6,87	14,00	16,67	30,13	23,53	44,12
50 – 59cm	5,73	18,95	7,53	22,27	13,27	41,22
60 – 69cm	3,53	17,88	3,60	16,73	7,13	34,61
70 – 79cm	3,40	25,02	2,07	13,45	5,47	38,47
80 – 80cm	2,47	24,14	1,33	11,90	3,80	36,03
90 – 99cm	2,27	28,66	0,67	8,11	2,93	36,77
100 – 109cm	1,87	30,59	0,40	6,32	2,27	36,91
110 – 119cm	1,00	21,25	0,33	6,25	1,33	27,51
≥ 120cm	0,67	18,27	0,20	7,12	0,87	25,39
Total	99,60	219,62	484,27	222,08	583,87	441,69

Gambar (Figure) 1. Pergerakan volume per kelompok jenis dan kelas diameter rata-rata per ha petak inti, kecenderungan garis dibentuk dari persamaan polynomial (*Movement of volume per species group and class of diameter in average per ha of center plot, the trend line was established from polynomial equation of regression*)

Tabel (Table) 2. Riap pertumbuhan menurut kelas diameter dalam kelompok jenis dipterocarpaceae dan non-dipterocarpaceae (*Growth increment based on class of diameters in dipterocarpaceae and non-dipterocarpaceae species group*)

Kelas diameter (Class of diameter)	Dipterocarpaceae	Non dipterocarpaceae
< 20cm	0,333786	0,220800
20 – 29cm	0,415755	0,289755
30 – 39cm	0,431380	0,301528
40 – 49cm	0,567830	0,293447
50 – 59cm	0,434150	0,279579
60 – 69cm	0,389697	0,265306
70 – 100cm	0,385003	0,265007
≥ 100cm	0,350969	0,264800

nilai riap rata-rata yang lebih tinggi daripada kelompok jenis non dipterocarpaceae, untuk semua kelas diameter yang digunakan. Pergerakan ditunjukkan menaik hingga kelas diameter 40-50 cm (dipterocarpaceae) dan 30-40 (non dipterocarpaceae), yang kemudian kembali menurun (Gambar 2.).

3. Hubungan regresi antara diameter dan riapnya

Pada kelompok jenis dipterocarpaceae, 3.725 data analisis dari 4.282 data seri (557 data hilang/missing), diperoleh hasil persamaan seperti tertera pada Tabel 3. Sedangkan pada kelompok jenis non-

Gambar (Figure) 2. Pergerakan riap pertumbuhan menurut kelas diameter dalam kelompok jenis yang dibentuk melalui persamaan garis polynomial (*Increment movement based on class of diameters in dipterocarpaceae and non-dipterocarpaceae species group, the trend line was established from polynomial equation of regression*)

Tabel (Table) 3. Hasil analisis regresi diameter dan riap kelompok jenis dipterocarpaceae (*Regression analysis result of diameters and increment in dipterocarpaceae species group*)

Depend	Mth	Rsqr	d.f.	F	Sigf	b0	b1	b2	b3
RIAP	LIN	0,005	3722	18,98	0,000	0,3300	0,0011		
RIAP	LON	0,011	3722	42,35	0,000	0,1724	0,0609		
RIAP	QUA	0,017	3721	33,02	0,000	0,2371	0,0072	-6,E-05	
RIAP	CUB	0,020	3720	24,88	0,000	0,1700	0,0135	-0,0002	7,8E-07

Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan program *software* SPSS tersebut di atas, disusun persamaan regresi sebagai berikut :

- a. Persamaan Linear : Riap = 0,33 + 0,0011D
- b. Persamaan Logaritma : Riap = 0,1724 + 0,0609lonD
- c. Persamaan Kuadrat : Riap = 0,2371 + 0,0072D – 0,00006D²
- d. Persamaan Kubik : Riap = 0,17 + 0,0135D – 0,0002D² + 0,0000007D³

Tabel (Table) 4. Hasil analisis regresi diameter dan riap kelompok jenis non dipterocarpaceae (*Regression analysis result of diameters and increment in non-dipterocarpaceae species group*)

Depend	Mth	Rsqr	d.f.	F	Sigf	b0	b1	b2	b3
RIAP	LIN	0,010	19230	193,69	0,000	0,1987	0,0022		
RIAP	LON	0,016	19230	316,01	0,000	0,0426	0,0700		
RIAP	QUA	0,019	19229	187,22	0,000	0,1370	0,0073	-7,E-05	
RIAP	CUB	0,020	19228	133,46	0,000	0,0946	0,0121	-0,0002	9,4E-07

Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan program *software* SPSS tersebut di atas, disusun persamaan regresi sebagai berikut :

- Persamaan Linear : $Riap = 0,1987 + 0,0022D$
- Persamaan Logaritma : $Riap = 0,0426 + 0,071\ln D$
- Persamaan Kuadrat : $Riap = 0,137 + 0,0073D - 0,00007D^2$
- Persamaan Kubik : $Riap = 0,0946 + 0,0121D - 0,0002D^2 + 0,0000094D^3$

dipterocarpaceae, 19.233 data analisis dari 19.730 data seri (497 data hilang/*missing*), diperoleh hasil persamaan seperti tertera pada Tabel 4.

Berdasarkan uji anova, pada semua bentuk persamaan diperoleh F hitung bervariasi dalam selang antara 18,98-316,01 yang lebih besar dari F tabel masing-masing. Atas dasar hasil uji ini, menunjukkan bahwa model persamaan regresi bisa digunakan untuk menerangkan variabel bebas riap dari variabel tetap diameternya. Namun demikian, tingkat keeratan hubungan regresi (koefisien determinasi) antara keduanya sangat rendah. Nilai koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh berkisar antara 0,05-0,20, berarti bahwa semua persamaan yang dibentuk sangat lemah untuk dipakai, karena hanya sekitar 5 %-20 % variasi variabel riap dijelaskan oleh variabel diameter. Di antara empat model persamaan tersebut, model persamaan kubik memiliki nilai R^2 yang lebih baik daripada persamaan lainnya, baik untuk regresi dalam kelompok jenis dipterocarpaceae maupun non dipterocarpaceae. Berikut ilustrasi garis yang dibentuk dari persamaan kubik tersebut :

Gambar (Figure) 3. Ilustrasi garis yang dibentuk dari persamaan kubik (*Trend line illustration established from cubic equation of regressions*)

B. Pembahasan

Dari analisis data komposisi, riap, dan hubungan regresi pada penelitian ini, memberi beberapa hasil yang kemudian dapat menganalogikan dinamika yang terjadi di hutan hujan dataran rendah.

Dinamika hutan hujan dataran rendah disusun dari tiga sistem keseimbangan, yaitu hara dan cahaya, pertumbuhan (riap), dan regenerasi. Tiga sistem tersebut saling terikat dan mempunyai kontribusi yang sama dalam memberi pengaruh terhadap sistem lain, hingga sedemikian rupa membentuk sistem yang kompleks, namun sempurna. Dalam pembahasan ini, dicoba diterangkan kinerja sistem tersebut.

Pertama, kelompok jenis dipterocarpaceae memiliki riap rata-rata yang lebih tinggi daripada kelompok jenis non dipterocarpaceae pada semua kelas diameter. Kemampuan pertumbuhan yang lebih besar ini menjadikan kelompok jenis dipterocarpaceae mendominasi tegakan, terutama pada kelas diameter medium dan besar. **Riap** adalah sistem pertama yang membentuk dinamika.

Kedua, walaupun terdapat perbedaan hasil riap rata-rata antara kelas diameter, ternyata tidak terdapat hubungan regresi yang signifikan yang dapat menerangkan pengaruh besarnya diameter terhadap besarnya riap dalam masing-masing persamaan pertumbuhan. Masing-masing pohon dalam tegakannya mempunyai kemampuan riap yang berbeda, namun dibatasi oleh kondisi positif yang mendukung riap tersebut. Kondisi tersebut diidentifikasi dari kemampuan masing-masing tumbuhan dalam mendapatkan hara dan cahaya. Hal yang menerangkan kondisi ini adalah bahwa komposisi jumlah tumbuhan dalam ekosistemnya mempunyai kecenderungan huruf J terbalik, yang artinya bahwa pohon-

pohon berdiameter kecil memiliki jumlah yang melimpah kemudian terus menyusut dengan peningkatan kelas diameternya (Gambar 1 dan Tabel 1). **Hara dan cahaya** adalah sistem kedua yang membentuk dinamika.

Ketiga, struktur dan komposisi tegakan dibentuk dengan sebaran yang unik. Walaupun tegakan hutan didominasi oleh kelompok jenis dipterocarpaceae pada strata atas hutan, ternyata pada strata bawah dan medium struktur dan komposisi hutan didominasi oleh kelompok jenis non-dipterocarpaceae. Kondisi ketiga ini adalah bentuk dinamika hutan dari kemampuan perbanyakan atau regenerasi. **Daya regenerasi** adalah sistem ketiga yang membentuk dinamika.

Hutan hujan dataran rendah dibentuk atas kinerja sempurna dari tiga sistem yang saling terikat, saling pengaruh dan saling tergantung, yaitu riap, hara dan cahaya, serta regenerasi. Mekanisme yang dipakai adalah mekanisme persaingan, yang menjadi kunci utama keseimbangan dalam membentuk tegakan hutan yang dinamis. Ulasannya adalah sebagai berikut :

1. Hara dan cahaya

Tumbuhan berklorofil membutuhkan hara dan cahaya untuk pertumbuhannya. Dalam tegakan hutan hujan, tiap-tiap tumbuhan secara individu dan kelompoknya melakukan persaingan untuk memperoleh dua unsur tersebut. Persaingan terjadi pada dua strata, yaitu pada kanopi atas untuk cahaya dan bagian strata tanah untuk hara. Setiap tumbuhan atau kelompoknya yang memiliki peluang positif memenangkan persaingan ini akan mempunyai kemampuan untuk meningkatkan biomasanya di hutan tersebut hingga secara hakiki dapat mendominasi semua tapak yang ada. Tapi kondisi ini tidak benar-benar terjadi di hutan hujan dataran rendah, karena bekerjanya dua fungsi berikutnya.

2. Riap pertumbuhan

Beberapa jenis memiliki kemampuan riap pertumbuhan yang lebih cepat daripada beberapa jenis yang lain. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jenis-jenis dari kelompok dipterocarpaceae mempunyai nilai

rata-rata riap yang lebih besar daripada kelompok non-dipterocarpaceae. Dengan kemampuan riap yang lebih besar ini, kelompok jenis dipterocarpaceae mempunyai peluang positif memenangkan persaingan mendapatkan cahaya dengan sistem produksi biomassa yang lebih cepat. Produksi biomassa yang lebih cepat ini mendorong pertumbuhan tinggi yang lebih cepat pula, yang kemudian memenangkan persaingan pada strata kanopi atas dan sekaligus menutup atau menekan pohon yang di bawahnya. Hal ini ditunjukkan bahwa kelompok jenis dipterocarpaceae benar-benar menguasai dan mendominasi komposisi tegakan, namun hanya untuk strata kanopi atas. Kelompok jenis ini tidak benar-benar dapat mendominasi tegakan hutan pada semua tapak, yang dapat membuat hutan hujan menjadi hutan monokultur dari jenis-jenis dipterocarpaceae. Kondisi ini diterangkan dari berjalannya fungsi ke tiga, yaitu regenerasi.

3. Regenerasi

Dinamika flora ternyata hampir mirip dengan dinamika fauna di mana terdapat rantai antara pemangsa dan mangsa; dalam ekosistem hutan, terdapat kelompok jenis non-dipterocarpaceae yang tertekan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa struktur dan komposisi tegakan sangat didominasi kelompok jenis non dipterocarpaceae pada strata bawah atau generasi dan tegakan-tegakan muda. Pada strata tersebut, kelompok jenis non dipterocarpaceae mendominasi struktur dan komposisi tegakan hingga 87 % dari tegakan dalam kelas diameter 10-40 cm. Seperti terjadi pada kondisi fauna mangsa (seperti gelombang ikan kecil di laut, atau jumlah rusa di padang rumput, dan lain-lain), sistem pertahanan dijalankan dengan sistem daya regenerasi yang tinggi.

Kelompok jenis dipterocarpaceae dikenal memiliki kemampuan regenerasi yang rendah, ditandai dengan ciri mekanisme pemencaran biji yang sangat tidak efektif, sulit bermigrasi dengan melintasi permukaan air, bijinya agak berat, jarang dipencarkan dengan bantuan binatang dan faktor negatif lainnya (Suyana, 2003). Ciri-ciri negatif ini pada kondisi

sebaliknya merupakan faktor positif bagi kelompok jenis non dipterocarpaceae, yang menjadikannya memiliki kemampuan regenerasi tinggi. Melalui kemampuan regenerasi yang tinggi ini, diproduksi jumlah generasi baru yang melimpah, dengan beberapa tujuan. Pertama, jumlah semai, pancang hingga anakan muda yang besar mengakibatkan strata bawah dikuasai oleh kelompok jenis non dipterocarpaceae. Walaupun terdapat persaingan antar sesama kelompok, jumlah ini dapat membantu menekan semai, pancang hingga anakan muda dari kelompok dipterocarpaceae. Dengan demikian, mekanisme faktor positif riap yang lebih tinggi pada kelompok dipterocarpaceae tidak secara sempurna berjalan pada generasi mudanya. Faktor positif riap tersebut dikendalikan (dibatasi) oleh faktor positif regenerasi kelompok non dipterocarpaceae. Jumlah komposisi yang lebih kecil mengakibatkan kelompok dipterocarpaceae terkalahkan pada strata bawah dalam mendapat faktor positif lainnya, yaitu cahaya dan hara. Namun demikian, pada kondisi sebaliknya, daya regenerasi yang tinggi dari kelompok jenis non dipterocarpaceae juga tidak benar-benar membuat hutan dikuasai atau dipenuhi oleh kelompok jenis non dipterocarpaceae. Mekanisme keseimbangan hutan yang dinamis kembali berjalan dengan adanya

faktor pembatas riap dan persaingan hara dan cahaya yang dimenangkan oleh kelompok jenis dipterocarpaceae. Dengan jumlah generasi muda yang melimpah, hanya beberapa individu yang kemudian dapat mencapai strata atas untuk mendapatkan cahaya secara sempurna dan kemudian menjalankan fungsi regenerasi berikutnya.

Terbentuknya keseimbangan di dalam dinamika hutan hujan dikarenakan terdapat dinamika sistem yang demikian kompleks. Kekompleksitasan dinamika tersebut mungkin lebih rumit. Sangat memungkinkan tidak hanya dipengaruhi pada tiga sistem tersebut, seperti yang diperoleh pada penelitian ini. Oleh sebab itu, penelitian ini juga memungkinkan dikembangkan untuk melihat dinamika lebih lanjut. Di antaranya, analisis tidak dibatasi hanya pada pembagian dua kelompok jenis saja, sangat memungkinkan dikembangkan lebih lanjut menurut famili atau spesies.

Namun demikian, melalui penelitian ini mengindikasikan bahwa hutan hujan memiliki dinamika sistem dalam membentuk keseimbangan. Dinamika tersebut menjadikan hutan hujan merupakan hutan dengan struktur dan komposisi yang kaya jenis menjadi tetap lestari. Hal ini karena pada satu sistem terdapat sistem pembatas atau pengendali dari sistem lainnya yang dapat pula merupakan sistem pendukung yang

Gambar (Figure) 5. Piramida komposisi non dipterocarpaceae yang menggambarkan sistem pertahanan generasi, sedangkan piramida terbalik terjadi pada dipterocarpaceae (*Upright composition pyramid illustrating generation defence system of non dipterocarpaceae, while upside down composition pyramid showing dipterocarpaceae's domination*)

mandiri. Sebagai contoh, struktur dan komposisi yang melimpah pada strata bawah membantu mengangkat hara dari dalam tanah menjadi humus dari biomassa yang mati tertekan. Akar-akar dari pohon besar juga dapat membantu membuka rongga tanah untuk pohon pada strata bawahnya.

Dinamika mandiri yang telah terbentuk ini merupakan dinamika tertutup, tercipta dalam kurun waktu yang panjang. Baker *et al.* (1987) dalam Susanty (2002) menanggapi kondisi ini dengan menyatakan bahwa dalam pengelolaan hutan hujan tropika terkandung resiko yang besar dari segi produksi/ekonomi dan keseimbangan ekologi. Pada dasarnya yang menjadi kendala dalam upaya memanfaatkan hutan tropik adalah adanya kenyataan bahwa tegakan terbentuk dari beragam komposisi, ukuran, dan umur tumbuhan. Keseimbangan dapat terganggu apabila terjadi sistem yang merusak keterkaitan (pada fauna : mata rantai) antar sistem tersebut. Gangguan yang sangat berlebih pada keseimbangan ini mengakibatkan rusaknya dinamika, menghasilkan dua dampak terburuk. Pertama, hutan hujan secara komplit tidak mampu lagi membangun dinamikanya pada tapak tersebut, yang berarti pemulihan gagal atau telah terjadi degradasi hutan. Kedua, gangguan keseimbangan dalam sistem menghilangkan sistem pengendali terhadap jenis tertentu, mengakibatkan hutan hujan kemudian dipenuhi oleh jenis-jenis yang mampu bertahan, dan menekan serta tidak memberi peluang terhadap jenis-jenis tertentu lainnya. Hal ini memberi dampak berkurangnya kekayaan jenis, atau dapat diistilahkan terjadinya degradasi jenis.

Dua dampak tersebut umumnya terjadi pada hutan-hutan di Indonesia. Satu kondisi unik yang berkaitan dalam pembinaan tegakan dan pemulihan (pengayaan) melalui sistem Tebang Pilih Tanam Indonesia (TPTI) yang dilakukan adalah bahwa jenis tanaman binaan yang sering dipilih terkonsentrasi pada jenis-jenis tertentu, yang umumnya masuk dalam kelompok jenis dipterocarpaceae. Pembinaan tegakan mempunyai sasaran memacu pertumbuhan pohon binaan dan membantu memenangkan persaingan dalam dinamika sistem hutan. Terdapat empat

tahapan dalam pembinaan hutan sistem silvikultur TPTI, yaitu pembebasan, perapihan, pengayaan, dan penjarangan (Sutisna dan Suyana, 2000). Beberapa kegiatan di antaranya adalah meliputi membunuh pohon-pohon selain pohon binaan melalui penebangan atau peracunan, membebaskan tajuk untuk membuka jalannya cahaya untuk pohon binaan dan pengayaan dengan jenis-jenis niagawi yang umumnya dari kelompok jenis dipterocarpaceae. Apabila pembinaan tegakan dan pemulihan ini berhasil, sebenarnya terjadi kegagalan dinamika hutan pada daur berikutnya. Dengan melakukan binaan dan regenerasi buatan hanya pada kelompok jenis dipterocarpaceae, akan memunculkan kemungkinan dampak terjadinya degradasi jenis yang disebutkan di atas.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Pada 15 petak inti Hutan Penelitian Sangai terdapat sebanyak 63 famili meliputi 407 jenis dan 8.758 individu jumlah pohon. Jumlah famili dan jenis tersebut kemungkinan akan bertambah lebih banyak lagi, karena terdapat beberapa pohon yang baru teridentifikasi hingga tingkat genus dan beberapa pohon belum teridentifikasi.
2. Berdasarkan kelas diameternya, ada kecenderungan dominasi kelompok jenis non dipterocarpaceae terdapat pada pohon-pohon berdiameter kecil 10 cm dan terus menurun hingga diameter medium 60 cm. Kelompok jenis dipterocarpaceae lebih mendominasi pada kelas diameter medium hingga besar. Dominasi pada kelas tersebut, mengakibatkan kelompok jenis dipterocarpaceae mendominasi basal area dan volume.
3. Kelompok jenis dipterocarpaceae memiliki nilai riap rata-rata yang lebih tinggi daripada kelompok jenis non dipterocarpaceae, untuk semua kelas diameter. Pada kelompok jenis dipterocarpaceae, riap dimulai pada nilai 0,33 cm/tahun pada kelas diameter di bawah 20 cm, kemudian riap menaik

- hingga tertinggi pada kelas diameter 40-50 cm, yaitu 0,56 cm/tahun dan kembali menurun hingga nilai riap 0,35 cm/tahun pada kelas diameter di atas 100 cm. Pada kelompok jenis non dipterocarpaceae, riap dimulai pada nilai 0,22 cm/tahun pada kelas diameter di bawah 20 cm, kemudian riap menaik hingga tertinggi pada kelas diameter 30-40 cm, yaitu 0,30 cm/tahun dan kembali menurun hingga nilai riap 0,26 cm/tahun pada kelas diameter di atas 100 cm.
4. Pada analisis regresi menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan regresi yang signifikan antara riap dengan diameternya pada empat jenis persamaan yang diuji, yaitu persamaan *linear*, kuadrat, kubik, dan logaritma. Hal tersebut ditunjukkan dari nilai koefisien determinasi yang kecil, yaitu antara 0,05-0,20, yang berarti hanya sebesar 5 - 20 % variabel riap dapat dijelaskan oleh variabel diameter melalui persamaan tersebut.
 5. Hutan hujan dataran rendah disusun atas kinerja tiga sistem yang kompleks, yaitu sistem hara dan cahaya, sistem riap, dan sistem regenerasi. Tiga sistem dinamika tersebut berjalan dalam mekanisme persaingan yang sempurna, namun atas dasar mekanisme persaingan tersebut tercipta kondisi pendorong dan pembatas yang membentuk keseimbangan dalam dinamika hutan hujan tersebut.

B. Saran

1. Untuk pertimbangan aspek biodiversitas, perlu dipertimbangkan metode tanam atau pembinaan tegakan yang dilakukan melalui sistem Tebang Pilih Tanam Indonesia (TPTI). Metode tanam (pengayaan) atau pembinaan tegakan yang umumnya terkonsentrasi pada jenis-jenis tertentu pada kelompok jenis dipterocarpaceae akan memberi konsekuensi terjadinya degradasi jenis-

jenis lainnya, terutama jenis-jenis pada kelompok non dipterocarpaceae.

2. Untuk peningkatan laju volume tegakan dari hutan alam kelompok jenis dipterocarpaceae, dapat dilakukan dengan memutus mekanisme persaingan tersebut. Di antaranya adalah dengan pembersihan (mematikan) anakan non dipterocarpaceae untuk menekan sistem daya regenerasi non dipterocarpaceae tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Balai Penelitian Kehutan Samarinda. 1998. Prosiding Ekspose Hasil Kerjasama Penelitian ODA (UK-ITFMP). Balai Penelitian Kehutan Samarinda. Samarinda.
- Microsoft corporation. 1993. User's Guide Microsoft Excel. Microsoft. Cambridge.
- Santosa, S. 2000. SPSS, Statistik Parametrik. Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Susanty, F.H. 2002. Hubungan antara riap diameter tahunan jenis dipterocarpaceae dan kerapatan tegakan hutan alam produksi. Buletin Penelitian Hutan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- Sutisna, M. dan A. Suyana. 2000. Laporan Hasil Penelitian Tahun 1997-2000. Laporan Akhir Tahunan ke 3 Penelitian Kajian Penjarangan TPTI. Kerjasama Penelitian antara Balai Penelitian Kehutan Samarinda dan Fakultas Kehutan Universitas Mulawarman, Samarinda.
- Suyana, A. 2003. Studi tentang dampak penjarangan terhadap struktur dan riap tegakan di hutan produksi alam PT. Inhutani I Labanan, Kabupaten Berau. Tesis Program Pasca Sarjana Magister Universitas Mulawarman, Samarinda.

Lampiran (Appendix) 1. Hasil analisis riap diameter melalui proses saringan data (*Increment analysis result with data sharing process*)

Uraian	d <20		20 – 30cm		30 – 40cm		40 – 50cm		50 – 60cm		60 – 70cm		70 – 100cm		> 100	
	Sha1	Sha2	Sha1	Sha2	Sha1	Sha2	Sha1	Sha2	Sha1	Sha2	Sha1	Sha2	Sha1	Sha2	Sha1	Sha2
Dipterocarpaceae																
N	2840		1008		420		412		344		212		488		208	
Ns	2226	2026	796	728	313	290	292	268	241	217	160	141	302	256	109	100
Ave	0,546	0,3338	0,623	0,4157	0,607	0,431	0,891	0,5679	0,655	0,4340	0,661	0,3896	0,593	0,3849	0,527	0,3507
Stdev	0,919	0,347	0,973	0,400	0,897	0,426	1,368	0,576	0,873	0,421	0,966	0,347	0,858	0,397	0,738	0,425
Skew	4,817	1,152	5,056	0,855	4,992	0,845	3,497	0,934	3,190	0,616	4,179	0,688	3,743	0,820	2,015	1,067
SE Skew	0,052	0,054	0,087	0,091	0,138	0,143	0,143	0,149	0,157	0,165	0,192	0,204	0,140	0,152	0,231	0,241
R Skew	92,635	21,333	58,115	9,396	36,174	5,909	24,455	6,268	20,318	3,733	21,766	3,373	26,736	5,395	8,723	4,427
Kurt	32,646	0,444	36,124	-0,302	39,948	-0,424	15,422	-0,120	16,065	-0,862	26,173	-0,226	21,022	-0,525	4,309	-0,041
SE Kurt	0,104	0,109	0,173	0,181	0,275	0,285	0,264	0,297	0,312	0,329	0,381	0,406	0,280	0,303	0,459	0,478
R Kurt	313,904	4,073	208,809	-1,669	145,265	-1,488	58,417	-0,404	51,490	-2,620	68,696	-0,557	75,079	-1,733	9,388	-0,086
Non Dipterocarpaceae																
N	19820		5172		2080		1000		452		216		244		112	
Ns	14870	13747	3866	3680	1390	1302	575	544	243	228	112	105	105	97	27	25
Ave	0,342	0,2208	0,415	0,2897	0,495	0,302	0,474	0,2935	0,507	0,2795	0,412	0,2653	0,544	0,2650	0,2648	0,178
Stdev	0,645	0,207	0,762	0,278	0,919	0,310	0,964	0,342	1,079	0,348	0,716	0,344	1,202	0,327	0,452	0,339
Skew	7,316	0,864	6,587	1,099	4,852	1,298	5,057	1,296	4,620	1,567	3,205	1,272	3,598	1,740	1,443	1,589
SE Skew	0,020	0,021	0,039	0,040	0,066	0,080	0,102	0,105	0,156	0,161	0,228	0,236	0,236	0,245	0,448	0,464
R Skew	365,800	41,143	168,897	27,475	73,515	1,909	49,578	12,343	29,615	9,733	14,057	5,390	15,246	7,102	3,221	3,425
Kurt	74,446	0,229	59,375	0,661	30,987	1,169	31,021	0,703	25,695	1,059	11,861	0,308	13,344	2,652	0,721	0,907
SE Kurt	0,040	0,042	0,079	0,081	0,131	0,360	0,203	0,209	0,311	0,321	0,453	0,467	0,467	0,485	0,872	0,902
R Kurt	1861,150	5,452	751,582	8,160	236,542	3,247	152,813	3,364	82,621	3,299	26,183	0,660	28,574	5,468	0,827	1,006